

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Національний технічний університет
"Харківський політехнічний інститут"**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до організації лабораторних, практичних занять
та самостійної роботи
за темою

ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ d^4 – ЕЛЕМЕНТІВ

для студентів спеціальності
„Хімічна технологія рідкісних розсіяних елементів та матеріалів на їх основі”
денної та заочної форм навчання

Затверджено
редакційно - видавничою радою
університету,
протокол № 3 від 21.12.2007р.

Харків НТУ "ХПІ" 2008

Методичні вказівки до організації лабораторних, практичних занять та самостійної роботи за темою „ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ d⁴– ЕЛЕМЕНТІВ” для студентів спеціальності „Хімічна технологія рідкісних розсіяних елементів та матеріалів на їх основі” денної та заочної форм навчання / Уклад. М.Д. Сахненко, В.В. Штефан, Т.П. Ярошок, М.В. Ведь. – Харків: НТУ "ХПІ", 2008. – 32 с.

Укладачі

М.Д. Сахненко

В.В. Штефан

Т.П. Ярошок



М.В. Ведь

Рецензент

М.М. Волобуєв

Кафедра технічної електрохімії

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

c	–	концентрація речовини, моль/л;
E	–	елемент;
ΔG	–	ізобарно-ізотермічний потенціал, кДж/моль;
ΔH	–	ентальпія, кДж/моль;
M	–	метал;
p	–	тиск, Па;
S	–	ентропія, Дж/(К·моль);
T	–	температура, К;
n	–	змінна;
ν	–	кількість речовини, моль;
ρ	–	густина розчину, г/см ³ ;
ω	–	масова частка, %;
ДР	–	добуток розчинності;
	–	завдання на виконання досліду;
	–	завдання на виконання письмової відповіді

Передмова

Метою методичних вказівок „Хімічні властивості d^4 -елементів” за програмою навчального курсу „Теоретичні основи хімії рідкісних розсіяних елементів та матеріалів на їх основі” для студентів спеціальності „Хімічна технологія рідкісних розсіяних елементів” денної та заочної форм навчання є ознайомлення з хімічними властивостями елементів (молібден та вольфрам): реакцій гідролізу, окисно-відновних та обмінних реакцій, а також закономірності взаємодії кислот з металами.

1. ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Молібден і вольфрам відносять до шостої групи періодичної системи і включають до підгрупи хрому. Їх електронні оболонки мають наступну будову:

Молібден	2, 8, 13, 1
Вольфрам	2, 8, 18, 12, 2

Як наслідок такого розподілу електронів молібден та вольфрам мають змінну валентність, причому найбільш стійкою є валентності (IV) і (VI). При валентності (VI) атоми обох елементів вивільняють один електрон з зовнішньої оболонки і п'ять електронів з другої, отримуючи внаслідок цього структуру атома інертного газу криптону і ксенону відповідно. Завдяки високій валентності молібден і вольфрам входять до складу більшості сполук як оксигеновмісні аніони MoO_4^{2-} і WO_4^{2-} . Останнє, в свою чергу, обумовлює спільність властивостей і близькість атомних та іонних радіусів, що ускладнює хімічне розділення молібдену і вольфраму при їх одночасній присутності.

Ці елементи є металами і в хімічних реакціях виявляють відновні властивості. Вони не утворюють негативні одноатомні іони. На відміну від елементів підгрупи сульфуру, елементи підгрупи хрому не утворюють з воднем газоподібних сполук. Для молібдену та вольфраму найбільш вивчені похідні шестивалентних елементів. Ангидриди WO_3 і MoO_3 нерозчинні у воді, але в розчинах лугів розчиняються з утворенням солей кислот: молібдатної H_2MoO_4 та вольфраматної H_2WO_4 .

На схемі (рис.1) показані реакції взаємодії Мо та W (**E**) з основними реагентами та важливими простими речовинами.

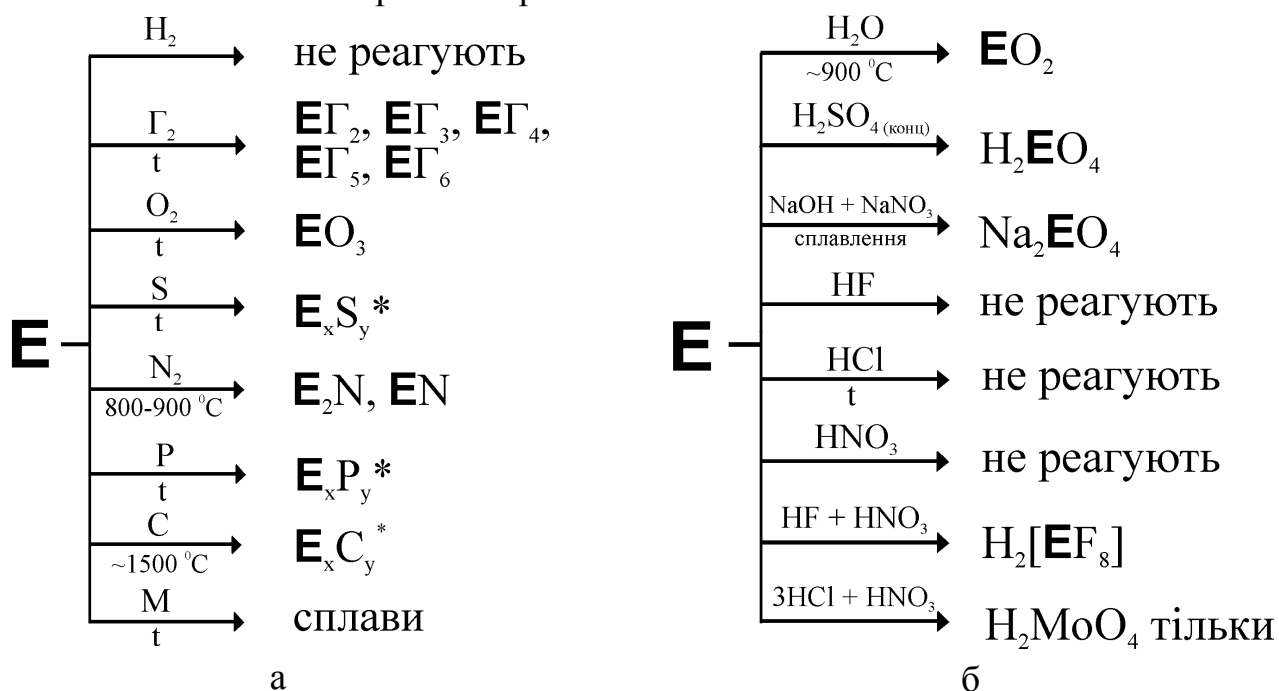
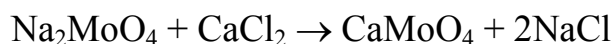


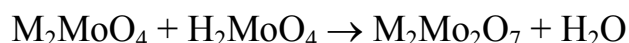
Рисунок 1 — Схеми хімічних реакцій взаємодії Мо і W з простими речовинами (а) та з найважливішими реагентами (б)

В ряду кислот H_2CrO_4 , H_2MoO_4 та H_2WO_4 сила їх зменшується зліва направо. В лабораторії зазвичай зустрічається амоній молібдат $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$, натрій вольфрамат Na_2WO_4 – безбарвні розчинні солі. Відомі солі типу $\text{M}_2\text{Mo}_2\text{O}_7$ та $\text{M}_2\text{W}_2\text{O}_7$, аналогічні солям дихромової кислоти.

Солі молібдатних кислот, що містять Мо (VI), відомі трьох типів: нормальні молібдати, ізополімолібдати та «основні» молібдати. В нормальних молібдатах одновалентних металів спостерігається відношення $\text{M}_2\text{O} : \text{MoO}_3 = 1$ ($\text{NaO} \cdot \text{MoO}_3$, Pb_2OMoO_4), в ізополімолібдатах $\text{M}_2\text{O} : \text{MoO}_3 < 1$ ($(\text{M}^{\text{I}})_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$), в «основних» молібдатах $\text{M}_2\text{O} : \text{MoO}_3 > 1$ (Pb_2MoO_5). Нормальні молібдати одержані майже для всіх металів:

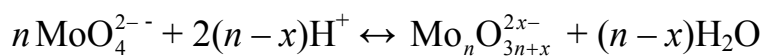


Ізополімолібдати – солі полімерних ізополімолібденових кислот (табл. 1). Деякі ізополімолібдати одержують взаємодією нормального молібдата з молибденовою кислотою або з її ангідридом:



У водних розчинах форма і ступінь «полімеризації» ізополісполуки, що одержують, залежить від рН. В розчині існує рівновага між ізополіаніонами, яка

може зсуватися в бік вирогідного утворення того чи іншого із них в залежності від рН. В розчині, окрім MoO_4^{2-} , встановлено існування гекса-, гепта-, (або пара-), окта-іонів та інших, більш високого ступеня полімеризації:



Нормальні молібдати стійкі при $\text{pH} \geq 6,5$, при $\text{pH} 2 \dots 5,5$ утворюються гексамолібдати, метамолібдати утворюються при $\text{pH} 1,9 \dots 2,6$, при $\text{pH} < 1,25$ одержують додекамолібдати $\text{M}_{18}\text{Mo}_{12}\text{O}_{40}$ і далі – оксокатіони MoO_2^{2+} та ін. При $\text{pH} 0,9$ частково виділяється гідрат $\text{MoO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. При подальшому підкисленні осад гідрату розчиняється, утворюючи розчинні гетерополімолібдати.

Таблиця 1 — Відомі ізополімолібдати лужних металів (М)

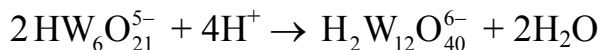
Формула	Назва
Димолібдат	$\text{M}_2^{\text{I}}\text{Mo}_2\text{O}_7 \cdot x\text{H}_2\text{O}$
Тримолібдат	$\text{M}_2^{\text{I}}\text{Mo}_3\text{O}_{10} \cdot x\text{H}_2\text{O}$
Тетрамолібдат	$\text{M}_2^{\text{I}}\text{Mo}_4\text{O}_{13}$
Метамолібдат	$\text{M}_2^{\text{I}}\text{H}_{10}[\text{H}_2(\text{Mo}_2\text{O}_7)_6] \cdot x\text{H}_2\text{O}$
Гексамолібдат	$\text{M}_2^{\text{I}}\text{Mo}_6\text{O}_{19} \cdot x\text{H}_2\text{O}$
Октамолібдат	$\text{M}_2^{\text{I}}\text{Mo}_8\text{O}_{25} \cdot x\text{H}_2\text{O}$
Парамолібдат	$\text{M}_6^{\text{I}}\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ і $\text{M}_{10}^{\text{I}}\text{Mo}_{12}\text{O}_{41} \cdot x\text{H}_2\text{O}$

«Основні» сполуки не існують в розчинах та розкладаються вологою повітря. Солі лужноземельних металів легше гідролізуються.

Нормальні молібдати літію, калію, рубідію і цезію добре розчиняються в воді. За виключенням літієвої солі всі вони виділяються з водних розчинів у вигляді кристалогідратів з двома або десятьма молекулами води. Безводні молібдати лужних металів можуть бути одержані спіканням чи сплавленням відповідних оксидів, гідратів або карбонатів з молібденовим ангідридом в умовах, що виключають випаровування останнього.

Існування тих чи інших форм вольфраматних іонів у розчинах, тобто ступінь полімеризації, залежить від рН середовища. У розчинах лугів від рН 8 існують іони нормальних (моно) вольфраматів. В області рН 6...8 утворюються

гексавольфраматні іони $\text{HW}_6\text{O}_{21}^{5-}$. При подальшому збільшенні кислотності в дуже розведених розчинах моноводневий гекса-іон $\text{HW}_6\text{O}_{21}^{5-}$ перетворюється та триводневий $\text{H}_3\text{W}_6\text{O}_{21}^{3-}$. В більш концентрованих розчинах утворюються додекавольфрамат-іони:



При повільній нейтралізації лужного розчину натрій вольфрамату кислотою до $\text{pH} \approx 5$ утворюється осад натрій паравольфрамату $\text{Na}_{10}\text{W}_{12}\text{O}_{41} \cdot 28\text{H}_2\text{O}$. При $\text{pH} < 4$ утворюються метавольфраматні акваполііони з співвідношенням $\text{M}_2\text{O} : \text{WO}_3 = 1 : 4$. Залежно від температури та концентрації до молекули ізополівольфрамату може входити різна кількість молекул води, що обумовлює властивості солі.

У протилежність шестивалентним сполукам хрому шестивалентні сполуки молібдену та вольфраму – вельми слабкі окисники і можуть бути відновлені сильними відновниками, наприклад, атомарним воднем. Сполуки Mo і W нижчих валентностей характеризуються забарвленням: синім, зеленим, бурим та ін.

2. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

2.1. Прилади, посуд, матеріали та реактиви

2.1.1. Розчини кислот, основ та пероксидів:

- а) хлоридна кислота HCl ($\rho = 1,19 \text{ г/см}^3$, $\omega = 10 \%$) – 50 мл;
- б) сульфатна кислота H_2SO_4 ($\rho = 1,84 \text{ г/см}^3$, $c = 1 \text{ моль/л}$) – 50 мл;
- в) нітратна кислота HNO_3 ($\rho = 1,2 \text{ г/см}^3$, $\rho = 1,4 \text{ г/см}^3$) – 50 мл;
- г) натрій гідроксид NaOH ($\omega = 10 \%$, $\omega = 30 \%$) – 50 мл;
- д) амоній гідроксид NH_4OH ($\omega = 25 \%$) – 50 мл;
- е) гідроген пероксид H_2O_2 ($\omega = 3 \%$) – 25 мл.

2.1.2. Розчини солей:

- а) натрій молібдат Na_2MoO_4 ($c = 1 \text{ моль/л}$) – 50 мл;
- б) амоній молібдат $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ (насичений) – 50 мл;
- в) плюмбум нітрат $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ($c = 0,5 \text{ моль/л}$) – 25 мл;
- г) кальцій хлорид $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ($c = 0,5 \text{ моль/л}$) – 25 мл;
- д) натрій гідрофосфат Na_2HPO_4 ($c = 0,5 \text{ моль/л}$) – 25 мл;
- е) станум хлорид SnCl_2 ($c = 0,5 \text{ моль/л}$) – 50 мл;
- ж) калій роданід KCNS ($c = 0,5 \text{ моль/л}$) – 25 мл;
- з) натрій вольфрамат Na_2WO_4 (насичений) – 50 мл;
- і) амоній вольфрамат $(\text{NH}_4)_2\text{WO}_4$ (насичений) – 50 мл;
- к) манган сульфат MnSO_4 ($c = 0,5 \text{ моль/л}$) – 25 мл;
- л) амоній роданід NH_4CNS ($c = 0,5 \text{ моль/л}$) – 25 мл;
- м) калій хромат K_2CrO_4 ($c = 0,5 \text{ моль/л}$) – 25 мл;
- н) калій йодид KI ($c = 0,1 \text{ моль/л}$) – 25 мл;
- о) ферум (II) сульфат FeSO_4 ($c = 0,5 \text{ моль/л}$) – 25 мл.

2.1.3. Метали, сухі речовини:

- а) цинк металевий гранульований;
- б) боратна кислота H_3BO_3 ;
- в) амоній вольфрамат $(\text{NH}_4)_2\text{WO}_4$;
- г) амоній молібдат $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$;
- д) оксид вольфраму WO_3 ;

2.1.4. Матеріали:

- а) фільтрувальний папір;
- б) мікрошпатель – 10 шт.;

- в) фарфоровий тигель – 2 шт.;
- г) піпетка – 5 шт.;
- д) крапельниця – 15 шт.;
- е) пробірка – 20 шт.;
- ж) колба (100 мл) – 3 шт.;
- з) колба (50 мл) – 5 шт.;
- і) пробірکوутримувач – 2 шт.
- к) шипці – 2 шт. ;
- л) штатив для пробірок – 4 шт.;
- м) газовий пальник – 1 шт.;
- н) скляні палички – 5 шт.;
- о) лакмусовий папір;

2.2. Експериментальна частина

Дослід 1. Одержання та властивості молібденової кислоти



У дві пробірки, що містять 3 ... 4 краплі насиченого розчину натрій молібдату Na_2MoO_4 , обережно додайте по краплях розведений розчин однієї з кислот (хлоридну, сульфатну, нітратну) до випадіння осаду молібденової кислоти. Дайте осаді можливість відстоятися, після чого з обох пробірок піпеткою або шматком фільтрувального паперу видаліть рідину. В першу пробірку с осадом додавайте по краплям розчин луку, в другу – концентровану сульфатну кислоту. Чи розчиняються осад?



Напишіть рівняння реакцій:

- утворення молібденової кислоти H_2MoO_4 ;
- взаємодії молібденової кислоти з лугом;
- взаємодії молібденової кислоти з сульфатною кислотою, внаслідок чого утворюється діоксомолібден сульфат MoO_2SO_4 . Продуктом якої основи є ця сіль?
- Який хімічний характер має молібден (VI) гідроксид?

Дослід 2. Одержання малорозчинних солей молібденової кислоти



У дві пробірки, що містять 3 ... 4 краплі насиченого розчину амоній молібдату $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$, додайте таку ж кількість розчинів: в першу – солі кальцію, в другу – солі плюмбуму. Який колір одержаних осадів?



Написати в молекулярній та іонній формі рівняння реакцій. Навести хімічні назви одержаних солей.

Дослід 3. Одержання гетерополісполук молібдену (VI)



До насиченого розчину амоній молібдату $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ (5 ... 6 крапель), який підкислено 1 ... 2 краплями розчину концентрованої нітратної кислоти, додайте 1 краплю розчину натрій гідрофосфату.

Суміш підігрійте до появи осаду амоній фосформолібдату $(\text{NH}_4)_3[\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ жовтого кольору. Ця реакція використовується для відкриття молібдат-іона. Сполуку також записують як $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{MoO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Одержаний осад розділіть на дві пробірки. В першу пробірку з осадом додати розчин луку, в другу – концентровану кислоту. Чи розчиняються осад?



Написати рівняння реакцій одержання гетерополісполуки молібдену та її взаємодії з лугом й кислотою.

Дослід 4. Відновлення натрій молібдату (IV)



У дві пробірки, що містять 3 ... 4 краплі насиченого розчину натрій молібдату Na_2MoO_4 , підкисленого 2 ... 3 краплями хлоридної кислоти, додайте: в першу 1 шматочок цинку, в другу – декілька крапель станум (II) хлориду до зміни кольору одержаного колоїдного розчину. Порівняйте хід реакцій в обох пробірках. Потім в другу пробірку додайте розчин луку, відмітьте появу осаду $\text{Mo}(\text{OH})_3$ сіро-зеленого кольору.



Написати рівняння реакцій відновлення амоній молібдату (IV). Врахувати, що бурий колір розчину, одержаного при взаємодії з цинком, характерний для сполук молібдену (III). Станум (II) хлорид відновлює молібден (IV) до так званої «молібденової сині» – суміші сполук складу від $\text{Mo}_2\text{O}_5 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ до MoO_3 , тобто сполук зі змішаним ступенем окиснення молібдену (+5) і (+6) типу $\text{Mo}_4\text{O}_{11} \cdot \text{H}_2\text{O}$. При складанні рівнянь реакцій, вважати, що продуктом відновлення є Mo_2O_5 .

Дослід 5. Одержання комплексної сполуки молібдену (V)



В кожен з двох пробірок з розчином натрій молібдату Na_2MoO_4 (2 ... 3 краплі) внести одну краплю хлоридної кислоти, 3 краплі розчину калій роданіду KSCN та 2

краплі розчину станум (II) хлориду. До розчину в пробірках додайте: в першу 1 шматочок цинку, в другу — декілька крапель станум (II) хлориду. Відмітьте появу червоного кольору внаслідок утворення комплексної сполуки $K_2[MoO(SCN)_5]$. Який ступінь окиснення молібдену в цій сполуці?



Написати рівняння реакцій одержання комплексної сполуки молібдену, застосовується для відкриття молібдену. враховуючи, що реакція відбувається в кислому середовищі. Вказати мету додавання станум (II) хлориду.

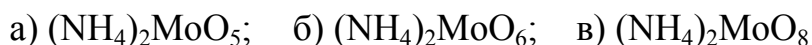
Дослід 6. Одержання пероксосполук молібдену



У пробірку внесіть кристалик амоній молібдату $(NH_4)_2MoO_4$, 2 ... 3 краплі 25 % розчину амоніаку та 2 ... 3 краплі 3 % розчину гідроген пероксиду. Відмітьте зміну кольору внаслідок утворення амоній пероксомолібдатів $(NH_4)_2MoO_x$ (x змінюється від 5 до 8 в залежності від температури та концентрації гідроген пероксиду).



Написати рівняння реакцій одержання наступних амоній пероксомолібдатів:



та навести графічну формулу пероксомолібдатної кислоти H_2MoO_6 .

Дослід 7. Утворення вольфрамової кислоти



У три пробірки внесіть 3 ... 4 краплі насиченого розчину натрій вольфрамату Na_2WO_4 та додайте декілька крапель концентрованої хлоридної або сульфатної кислоти. Відмітьте колір осаду, що утворився. Вміст однієї пробірки обережно прокип'ятіть та відмітьте зміну кольору осаду. Чи розчиняється осад при кип'ятінні? З другої та третьої пробірок вилучіть розчин над осадом та додайте в одну з них декілька крапель розчину лугу, а в іншу — декілька крапель концентрованої сульфатної кислоти.

Білий осад, що випав, має склад $H_2WO_4 \cdot H_2O$, а жовтий, що утворився після кип'ятіння — H_2WO_4 .



Напишіть рівняння реакції утворення вольфрамової кислоти та її розчинення в присутності лугу. Визначте різницю у ставленні вольфрамової та молібденової кислот до дії сильних кислот.

Дослід 8. Утворення вольфрам (VI) оксиду та його властивості



8.1. У тигель внесіть декілька кристаликів амоній вольфрамату та нагрійте його до зміни кольору речовини. Відмітьте виділення амоніаку за зміною кольору змоченого індикаторного паперу.



Напишіть рівняння реакції розкладу амоній вольфрамату та вкажіть колір вольфрам (VI) оксиду, що утворився. Осад збережіть для дослідів 8.2.



8.2. Вольфрам (VI) оксид розділіть на дві пробірки. В одну внесіть 3 ... 5 крапель концентрованого розчину лугу, в другу – таку ж кількість концентрованої хлоридної кислоти. Пробірки трохи нагрійте.



Відмітьте, як діють кислота та луг на вольфрам (VI) оксид. Напишіть реакції, що перебігають, та проаналізуйте кислотно-основний характер вольфрам (VI) оксиду.

Дослід 9. Утворення малорозчинних солей вольфрамової кислоти



У три пробірки, що містять по 3 ... 4 краплі насиченого розчину натрій вольфрамату, додайте таку ж кількість розчинів солей: у першу – кальцію, у другу – мангану, у третю – плюмбуму.



Занотуйте колір осадів, що утворилися, та напишіть рівняння реакцій.

Дослід 10. Утворення гетерополісполуки вольфраму (VI)



До нагрітого насиченого розчину натрій вольфрамату додайте декілька кристаликів боратної кислоти таким чином, щоб після ретельного перемішування на дні пробірки залишилися кристалики боратної кислоти. Декілька крапель розчину, що утворився, перенесіть у чисту пробірку та випробуйте на присутність іонів WO_4^{2-} . Для цього додайте у пробірку декілька крапель солі мангану або плюмбуму (див. дослід 9). Відмітьте відсутність осаду, що пояснюється утворенням комплексної розчинної солі складу $\text{Na}_9[\text{BW}_{12}\text{O}_{42}]$.



Визначте ступінь окиснення вольфраму у комплексній сполуці, що утворилася.

Дослід 11. Відновлення натрій вольфрамату



У фарфоровій площі до 3 ... 4 крапель насиченого розчину натрій вольфрамату додайте декілька крапель ферум (II) сульфату. Вміст пробірки нагрійте до появи синього кольору “вольфрамової сині”, а потім бурого осаду вольфрам (IV) оксиду WO_2 . Осад вилучити та поділити на дві пробірки. В першу додати сульфатну кислоту до появи червоного кольору, обумовленого утворенням $\text{W}(\text{SO}_4)_2$. В другу додайте розчин лугу і струсіть декілька хвилин.

Речовина “вольфрамова синь” містить суміш сполук із ступенем окиснення вольфраму (+5) та (+6), наприклад $(\text{WO}_2)_2\text{WO}_4$.



Який ступінь окиснення вольфраму у катіоні та аніоні цієї сполуки? Напишіть рівняння відповідних реакцій.

Дослід 12. Утворення комплексної сполуки вольфраму (V)



Внесіть у пробірку декілька кристаликів натрій вольфрамату, додайте 6 ... 8 крапель розчину амоній роданіду, ретельно перемішайте скляною паличкою, після чого додайте 1 ... 2 краплі хлоридної кислоти та 2 ... 3 краплі станум (II) хлориду SnCl_2 . Речовина жовто-зеленого кольору, що утворилася, є комплексною сполукою складу $(\text{NH}_4)_2[\text{WO}(\text{SCN})_5]$.



Напишіть рівняння реакції утворення цієї сполуки, визначте ступінь окиснення вольфраму в ній та вкажіть роль станум (II) хлориду в реакції. Слід відмітити, що сполуки вольфраму (V) є нестійкими та стабілізуються тільки у комплексах.

Дослід 13. Порівняння окисних властивостей сполук вольфраму (VI) та хрому (VI)



Налийте в одну пробірку декілька крапель насиченого розчину натрій вольфрамату (VI), а в другу – калій дихромату, підкисліть розчини сульфатною кислотою та додайте у кожную пробірку по 4 ... 5 крапель калій йодиду. У якому випадку спостерігається утворення йоду?



Порівняйте окисні властивості сполук вольфраму (VI) та хрому (VI) і аргументуйте свої висновки значеннями відповідних окисно-відновних потенціалів.

Дослід 14. Одержання та властивості пероксосполук вольфраму



Внесіть в пробірку 3 ... 4 краплі розчину дигідроген пероксиду, підігрійте та додайте 1 мікрошпатель натрій вольфрамату. Відмітьте появу жовтого кольору натрій пероксовольфрамату складу Na_2WO_x (x приймає значення 5 ... 8). До одержаного розчину додайте по краплях розчин KI . Відмітьте виділення I_2 .



Напишіть рівняння реакцій утворення: Na_2WO_5 , Na_2WO_8 та їх графічні формули, а також реакції взаємодії пероксосполук вольфраму з калій йодидом.

Дослід 15. Визначення наявності вольфраму у сталі



Подрібнену сталь масою 0,02 – 0,03г розчиніть у фарфоровому тиглі в 12 ... 15 краплях розчину сульфатної кислоти з молярною концентрацією 2 моль/л. Продуктом якої реакції є дигідроген, що виділяється? Після припинення виділення дигідрогену додайте по краплях концентровану нітратну кислоту, продовжуючи нагрівання до припинення спінювання. При цьому відбувається окиснення карбідів та карбону, що містяться у чорному осаді. У присутності вольфраму через декілька хвилин утворюється жовтий осад вольфрамової кислоти H_2WO_4 .

Можна додатково підтвердити присутність вольфраму реакцією утворення “вольфрамової сині” (див. дослід 11). Для цього до охолодженого тиглю обережно додайте 15 – 20 крапель дистильованої води, злийте основну масу розчину з осаду, а суспензію, що залишилася, перенесіть у пробірку. Видаліть фільтрувальним папером увесь розчин, промийте осад ще раз розведеною хлоридною кислотою і знов видаліть розчин. Після цього внесіть в пробірку декілька крапель концентрованої хлоридної кислоти та 3 – 5 крапель розчину SnCl_2 . У присутності вольфраму (VI) через деякий час з’являється синє забарвлення “вольфрамової сині”.

2.3. Порядок оформлення звіту до лабораторної роботи

2.3.1. Назва роботи

2.3.2. Мета роботи

2.3.4. Завдання на проведення досліду (викласти суть завдання)

2.3.5. Результати досліду

Провести дослід, занотувати візуальні спостереження. Скласти рівняння хімічних реакцій та надати відповіді на поставлені запитання.

2.3.6. Обговорення отриманих результатів

Провести аналіз отриманих даних. Визначити хімічні властивості досліджуваних сполук.

2.3.7. Висновки

На підставі аналізу отриманих результатів сформулювати висновки щодо хімічних властивостей молібдену і вольфраму та їх сполук.

2.3.8. Навести дати виконання роботи та її захисту

Роботу виконано	“ “	200 р.
Роботу зараховано	“ “	200 р.

Звіт виконують на аркушах формату А4 або на аркушах зошитів у клітинку. Оформлення тексту звіту повинно відповідати вимогам СТБУЗ-ХПІ-2.05-2003.

Захист відбувається в аудиторний або позааудиторний час та передбачає наявність звіту, оформленого відповідно до вимог СТБУЗ-ХПІ-2.05-2003, виконаних розрахункових завдань та відповідей на запитання стосовно окремих розділів виконаної роботи і висновків.

3. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Варіант 1

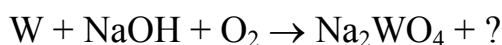
1. Зробіть прогноз хімічних властивостей вольфраму згідно до будови його атома та місцезонашування у періодичній системі елементів. Визначте можливі ступені його окиснення у сполуках.

2. Перелічіть найбільш важливі галузі використання молібдену та його сполук. Відповідь обґрунтуйте їх хімічними властивостями.

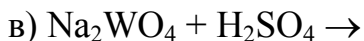
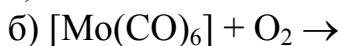
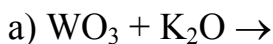
3. Складіть рівняння імовірних реакцій за наступною схемою:



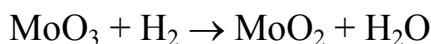
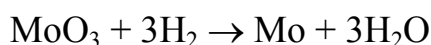
4. Визначіть окисник та відновник, закінчіть рівняння ОВР:



5. Закінчіть рівняння реакцій:



6. Порівняйте термодинамічні характеристики реакції відновлення MoO_3 за схемами:



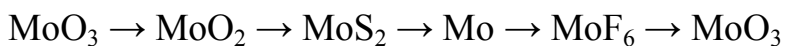
Визначте температурний інтервал перебігу кожної реакції.

Варіант 2

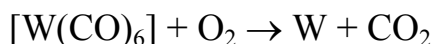
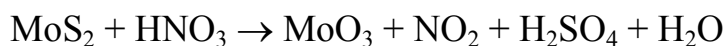
1. Які властивості сполук вольфраму характерні для металів, а які для неметалів?

2. Надайте порівняльну характеристику хімічних властивостей сульфатної, молібдатної та вольфраматної кислот. Відповідь обґрунтуйте рівняннями хімічних реакцій.

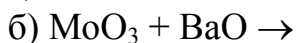
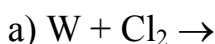
3. Складіть рівняння імовірних реакцій за наступною схемою:



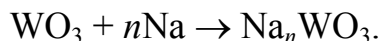
4. Визначіть окисник та відновник, закінчіть рівняння ОВР:



5. Закінчить рівняння реакцій:



6. «Вольфрамову бронзу» отримують за реакцією:



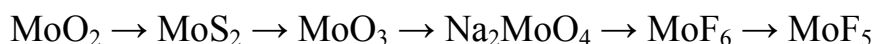
Якщо $n = 0,3$, то отримана сполука має синьо-фіолетовий колір, якщо $n = 0,6$ — червоний, а $n = 0,9$ — жовтий. У якому масовому співвідношенні треба взяти вихідні речовини, щоб отримати 100 г „вольфрамової бронзи”.

Варіант 3

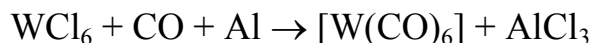
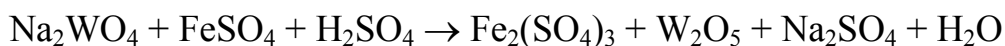
1. У якому стані, вільному або зв'язаному, знаходиться вольфрам у природі? Відповідь обґрунтуйте хімічними властивостями елемента. Вкажіть найбільш поширені його природні сполуки.

2. Дайте порівняльну характеристику хімічних властивостей оксидів сульфуру, молібдену та вольфраму у вищому ступені окиснення.

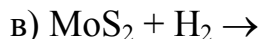
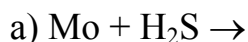
3. Складіть рівняння імовірних реакцій за наступною схемою:



4. Визначіть окисник та відновник, закінчіть рівняння ОВР:



5. Закінчіть рівняння реакцій:



6. Який об'єм розчину з $\omega(\text{NaOH}) = 10\%$ ($\rho = 1,007 \text{ г/см}^3$) необхідний для розчинення вольфрам (VI) оксиду масою 1,53 г, що містить 9,17 % домішок.

Варіант 4

1. Проаналізуйте хімічну поведінку вольфраму у нейтральному (H_2O), кислому (HCl , HNO_3) та лужному (NaOH) середовищах, виходячи з його положення у ряду стандартних електродних потенціалів. Відповідь підтвердіть рівняннями хімічних реакцій.

2. Надайте характеристику (склад, фізико-хімічні властивості) найважливіших мінералів молібдену.

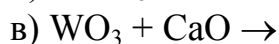
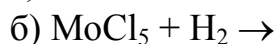
3. Складіть рівняння імовірних реакцій за наступною схемою:



4. Визначіть окисник та відновник, закінчіть рівняння ОВР:



5. Закінчіть рівняння реакцій:



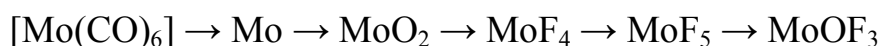
6. Наважку вольфрам (VI) оксиду масою 10 г, що містить 3,18 % домішок, обробили карбон тетрахлоридом кількістю речовини 0,15 моль та одержали вольфрам гексахлорид. У реакційну суміш додали 120 мл розчину з $\omega(\text{NaOH}) = 15\%$ ($\rho = 1,115 \text{ г/см}^3$). Визначте масову частку компонентів у реакційній суміші.

Варіант 5

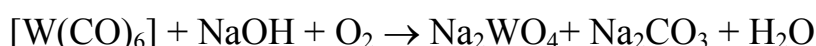
1. Які основні способи одержання вольфраму з природних сполук? Відповідь обґрунтуйте хімічними властивостями елемента.

2. Наведіть приклади простих та комплексних солей молібдену. Для яких з них характерні реакції гідролізу. У якій області рН розташовані значення їх водних розчинів?

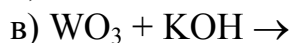
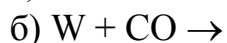
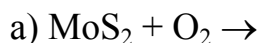
3. Складіть рівняння імовірних реакцій за наступною схемою:



4. Визначіть окисник та відновник, закінчіть рівняння ОВР:



5. Закінчіть рівняння реакцій:



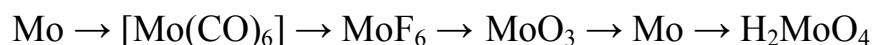
6. Для вилучення молібдену з 450 г розчину, що містить 1,5 % Na_2MoO_4 , його підкислили сульфатною кислотою та додали 3,2 г цинку. Який об'єм розчину $\omega(\text{NaOH}) = 30\%$ ($\rho = 1,332 \text{ г/см}^3$) необхідно додати до реакційної суміші, щоб вилучити молібден з розчину у вигляді $\text{Mo}(\text{OH})_3$.

Варіант 6

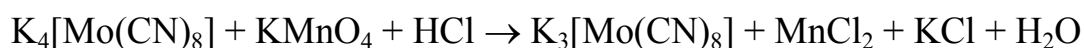
1. Як змінюються кислотно-основні властивості оксидів та гідроксидів молібдену з підвищенням ступеня його окиснення?

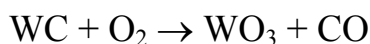
2. Які висновки щодо хімічної активності елементів можна зробити з порівняльного аналізу значень електродних потенціалів хрому, молібдену та вольфраму?

3. Складіть рівняння імовірних реакцій за наступною схемою:

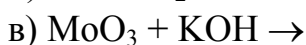


4. Визначіть окисник та відновник, закінчіть рівняння ОВР:





5. Закінчіть рівняння реакцій:



6. Чи утвориться осад, якщо змішати розчини $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ і BaCl_2 у рівних об'ємах та однаковою концентрацією 0,01 моль/л?

Варіант 7

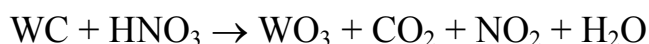
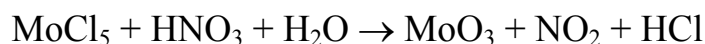
1. Як змінюються окисно-відновні властивості сполук молібдену з підвищенням ступеня окиснення елемента в них?

2. Порівняйте реакції гідролізу солей сульфатної, молібдатної та вольфраматної кислот. Зробіть відповідні висновки.

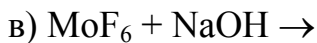
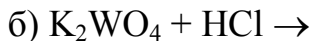
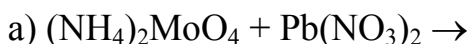
3. Складіть рівняння імовірних реакцій за наступною схемою:



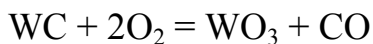
4. Визначіть окисник та відновник, закінчіть рівняння ОВР:



5. Закінчіть рівняння реакцій:



6. Проведіть термодинамічний аналіз реакцій окиснення та хлорування карбиду вольфраму:

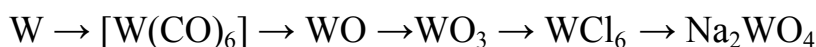


Варіант 8

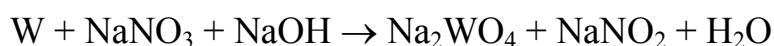
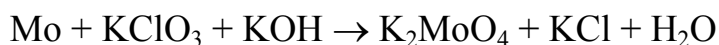
1. Зробіть прогноз хімічних властивостей молібдену згідно будови його атома та розташування у періодичній системі елементів. Визначте можливі ступіні його окиснення у сполуках.

2. Надайте обґрунтування щодо вибору відновника для одержання вольфраму у промисловості.

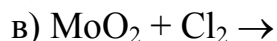
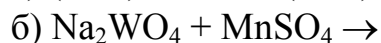
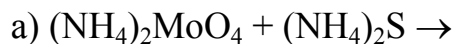
3. Складіть рівняння імовірних реакцій за наступною схемою:



4. Визначіть окисник та відновник, закінчіть рівняння ОВР:



5. Закінчіть рівняння реакцій:



6. На окиснення калій йодиду у присутності хлоридної кислоти витрачено 500 мл розчину з молярною концентрацією еквівалента $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ 0,2 моль/л. Яка маса йоду виділилась у досліді?

Варіант 9

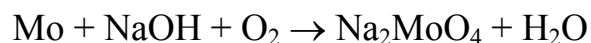
1. Які властивості сполук молібдену характерні для металів, а які для неметалів?

2. Серед оксидів хрому, молібдену та вольфраму назвіть оксид з найвищими кислотними властивостями і найвищими основними властивостями та визначте найсильніший окисник і найсильніший відновник.

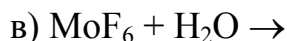
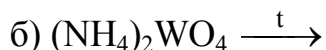
3. Складіть рівняння імовірних реакцій за наступною схемою:



4. Визначіть окисник та відновник, закінчіть рівняння ОВР:



5. Закінчіть рівняння реакцій:



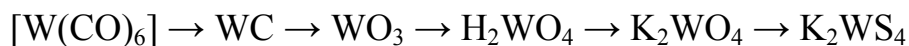
6. Які об'єми розчинів $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ та H_2S з молярними концентраціями 0,5 моль/л та 0,1 моль/л відповідно, та HCl з масовою часткою 38 % ($\rho = 1,194 \text{ г/см}^3$) треба взяти для утворення 30 г MoS_2 , враховуючи, що процес перебігає у дві стадії? На першій стадії вихід тіосоли складає 92,5 %, вихід продукту на другій стадії – 87,3 %.

Варіант 10

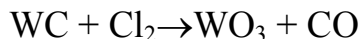
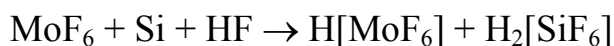
1. У якому стані, вільному або зв'язаному, знаходиться молібден у природі? Відповідь обґрунтуйте хімічними властивостями елементу. Вкажіть найбільш поширені його природні сполуки.

2. Як змінюються кислотно-основні властивості оксидів та гідроксидів вольфраму з підвищенням ступіню його окиснення?

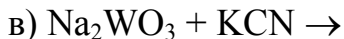
3. Складіть рівняння імовірних реакцій за наступною схемою:



4. Визначіть окисник та відновник, закінчіть рівняння ОВР:



5. Закінчіть рівняння реакцій:



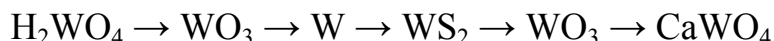
6. Молібден можна перевести у розчин у вигляді MoO_4^{2-} -іонів шляхом окиснення калій хлоратом (V) у лужному середовищі. Визначте які маси KClO_3 та NaOH потрібні для окиснення 20 г Мо.

Варіант 11

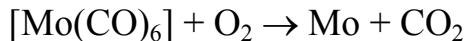
1. Які основні способи вилучення молібдену з природних сполук вам відомі? Відповідь обґрунтуйте із залученням хімічних властивостей елементів.

2. Як змінюються окисно-відновні властивості сполук вольфраму з підвищенням ступіню окиснення елемента в них.

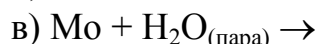
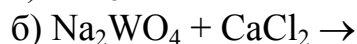
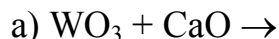
3. Складіть рівняння імовірних реакцій за наступною схемою:



4. Визначіть окисник та відновник, закінчіть рівняння ОВР:



5. Закінчіть рівняння реакцій:



6. Молібден пентахлорид масою 25 г, який містить 4,3 % домішок, при підвищеній температурі розкладається з виділенням отруйного газу жовто-зеленого кольору. Який об'єм розчину з $\omega(\text{NaOH}) = 30\%$ ($\rho = 1,332 \text{ г/см}^3$) потрібен для поглинання цього газу? Які чинники сприяють цьому процесу, враховуючи що реакція є оборотною?

Варіант 12

1. Проаналізуйте хімічну поведінку молібдену у нейтральному (H_2O), кислому (HCl , HNO_3) та лужному середовищах (NaOH), виходячи з його положення у ряду стандартних електродних потенціалів. Відповідь підтвердіть рівняннями хімічних реакцій.

2. Надайте характеристику (склад, фізико-хімічні властивості) найважливіших мінералів вольфраму.

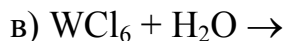
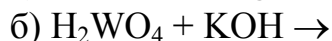
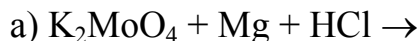
3. Складіть рівняння імовірних реакцій за наступною схемою:



4. Визначіть окисник та відновник, закінчіть рівняння ОВР:



5. Закінчіть рівняння реакцій:



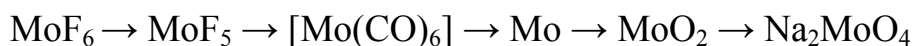
6. Молібден розчиняється у концентрованій сульфатній кислоті з утворенням комплексної сполуки $\text{H}_4[\text{Mo}(\text{SO}_4)_4]$. Який об'єм концентрованої сульфатної кислоти ($\rho = 1,84 \text{ г/см}^3$) потрібен для розчинення 5 г молібдену? Який об'єм сульфур (IV) оксиду виділиться у цій реакції та який об'єм розчину $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ з концентрацією 1 моль/л потрібен для поглинання цього газу?

Варіант 13

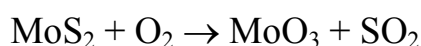
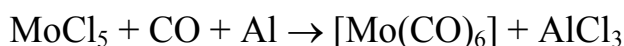
1. Наведіть приклади простих та комплексних солей вольфраму. Для яких з них характерні реакції гідролізу? У якій області розташовані значення рН їх водних розчинів?

2. Перелічіть найбільш важливі області використання молібдену та його сполук. Відповідь обґрунтуйте їх хімічними властивостями.

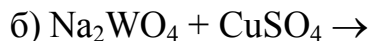
3. Складіть рівняння імовірних реакцій за наступною схемою:



4. Визначіть окисник та відновник, закінчіть рівняння ОВР:



5. Закінчіть рівняння реакцій:



6. Чи утвориться осад, якщо змішати розчини $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ та $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ з рівною концентрацією 0,01 моль/л у рівних об'ємах?

Варіант 14

1. Поясніть причину стійкості молібдену до дії диоксигену та води за стандартних умов.

2. За правилом Полінга поясніть, чому ізополімолібденова кислота $\text{H}_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ у розчині є більш сильною, ніж H_2MoO_4 .

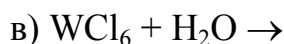
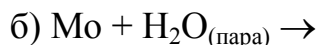
3. Складіть рівняння імовірних реакцій за наступною схемою:



4. Визначіть окисник та відновник, закінчіть рівняння ОВР:



5. Закінчіть рівняння реакцій:



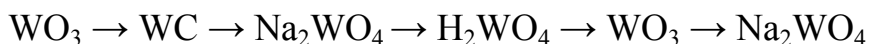
6. До 200 г розчину з $\omega(\text{Na}_2\text{MoO}_4) = 56\%$ додали надлишок концентрованої нітратної кислоти та одержали осад молібдатної кислоти. Який об'єм розчину $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 90\%$ ($\rho = 1,815 \text{ г/см}^3$) необхідний для її розчинення з утворенням MoO_2SO_4 , якщо вихід продукту у першій реакції складає 88 %?

Варіант 15

1. У яких реактивах можна розчинити молібден?

2. Як змінюються кислотні властивості гідроксидів в ряду $\text{Cr}^{+3} \rightarrow \text{Mo}^{+3} \rightarrow \text{W}^{+3}$?

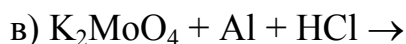
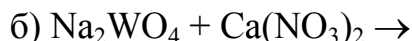
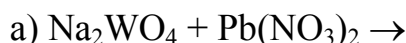
3. Складіть рівняння імовірних реакцій за наступною схемою:



4. Визначіть окисник та відновник, закінчіть рівняння ОВР:



5. Закінчіть рівняння реакцій:



6. Визначте розчинність CaMoO_4 у воді та у розчині $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, молярна концентрація якого складає 0,01 моль/л.

Варіант 16

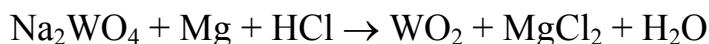
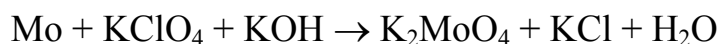
1. Які окисно-відновні властивості проявляють молібден та вольфрам у реакціях з простими речовинами? Підтвердіть свою відповідь прикладами реакцій їх взаємодії з галогенами, сульфуром, карбоном, бором.

2. Поясніть причину стійкості молібдену до кислот-неокисників за стандартних умов.

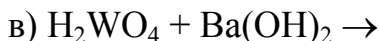
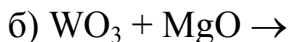
3. Складіть рівняння імовірних реакцій за наступною схемою:



4. Визначіть окисник та відновник, закінчіть рівняння ОВР:



5. Закінчіть рівняння реакцій:



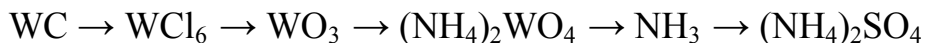
6. Який об'єм розчину з $\omega(\text{NaOH}) = 30\%$ ($\rho = 1,332 \text{ г/см}^3$) необхідний для розчинення молібдену (VI) оксиду масою 10,25 г, що містить 12,48 % домішок, а вихід продукту реакції складає 93 %?

Варіант 17

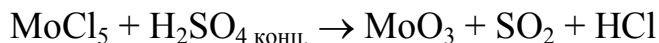
1. Чому молібден, незважаючи на негативне значення E° , не реагує з кислотами-неокисниками за стандартних умов?

2. Порівняйте хімічну поведінку хрому, молібдену та вольфраму у нейтральному середовищі.

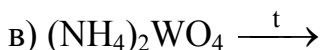
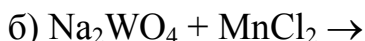
3. Складіть рівняння імовірних реакцій за наступною схемою:



4. Визначіть окисник та відновник, закінчіть рівняння ОВР:



5. Закінчіть рівняння реакцій:



6. Які мінімальні об'єми розчинів з $\omega(\text{KSCN}) = 10\%$ ($\rho = 1,05 \text{ г/см}^3$) та з $\omega(\text{SnCl}_2) = 20\%$ ($\rho = 1,17 \text{ г/см}^3$) треба додати для переведу $\text{Mo(VI)} \rightarrow \text{Mo(V)}$? Mo(VI) до 200 г розчину, який містить приблизно 3 г Na_2MoO_4 .

Варіант 18

1. Який ступінь окиснення більш характерний для молібдену? Наведіть приклади відповідних сполук.

2. Поясніть причину стійкості вольфраму у кислому середовищі за стандартних умов.

3. Складіть рівняння імовірних реакцій за наступною схемою:

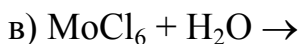
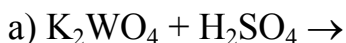


4. Визначіть окисник та відновник, закінчіть рівняння ОВР:





5. Закінчіть рівняння реакцій:



6. Яка маса вольфраматної кислоти утвориться при взаємодії 100 г натрій вольфрамату та 150 мл розчину з $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 60\%$ ($\rho = 1,5 \text{ г/см}^3$), якщо вихід продукту реакції складає 78 %?

Варіант 19

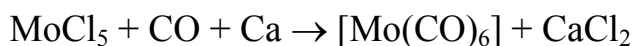
1. Проілюструйте прикладами хімічних реакцій амфотерні властивості вищих гідроксидів молібдену.

2. Порівняйте хімічну поведінку хрому, молібдену та вольфраму у кислому середовищі.

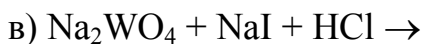
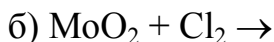
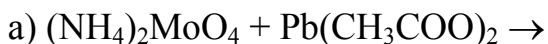
3. Складіть рівняння імовірних реакцій за наступною схемою:



4. Визначіть окисник та відновник, закінчіть рівняння ОВР:



5. Закінчіть рівняння реакцій:



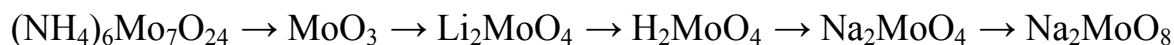
6. Визначте вихід продукту реакції, якщо при розкладанні амоній вольфрамату масою 55 г утворилося 42 г вольфрам (VI) оксиду.

Варіант 20

1. Наведіть загальну формулу пероксосполук молібдену. Який вигляд мають графічні формули цих сполук? Які властивості: окисні чи відновні, притаманні їм? Обґрунтуйте свої твердження рівняннями реакцій.

2. Який ступінь окиснення більш характерний для вольфраму? Наведіть приклади відповідних сполук.

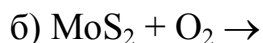
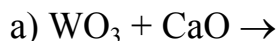
3. Складіть рівняння імовірних реакцій за наступною схемою:



4. Визначіть окисник та відновник, закінчіть рівняння ОВР:



5. Закінчіть рівняння реакцій:



6. До розчину амоній молібдату масою 250 г додали надлишок розчину кальцій нітрату. Утворився осад масою 58,6735 г. Визначте масову частку амоній молібдату у розчині.

Варіант 21

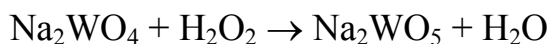
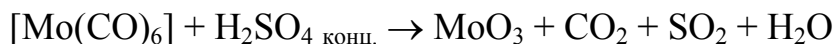
1. Як можна одержати «молібденову синь»? Які типи хімічних сполук входять до її складу?

2. Проілюструйте прикладами хімічних реакцій амфотерні властивості вищих гідроксидів вольфраму.

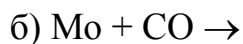
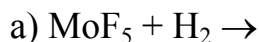
3. Складіть рівняння імовірних реакцій за наступною схемою:



4. Визначіть окисник та відновник, закінчіть рівняння ОВР:



5. Закінчіть рівняння реакцій:



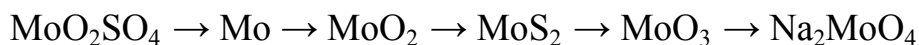
6. Який об'єм води треба додати до розчину з масовою часткою амоній молібдату 40 %, щоб отримати розчин з масовою часткою цієї солі 15 %?

Варіант 22

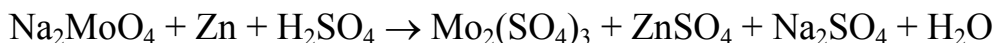
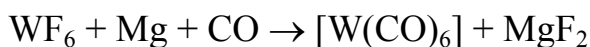
1. Яка структура гетерополісполук молібдену та вольфраму? Які оксиди входять до їх складу?

2. Чому вольфрам, незважаючи на негативне значення E° , не реагує з кислотами-неокисниками за стандартних умов?

3. Складіть рівняння імовірних реакцій за наступною схемою:



4. Визначіть окисник та відновник, закінчіть рівняння ОВР:



5. Закінчіть рівняння реакцій:





6. Які об'єми розчинів нітратної та фторидної кислот, масові частки яких складають: $\omega(\text{HNO}_3) = 53,4\%$ ($\rho = 1,33 \text{ г/см}^3$) та $\omega(\text{HF}) = 36\%$ ($\rho = 1,11 \text{ г/см}^3$) відповідно, необхідні для повного розчинення 10 г вольфраму?

Варіант 23

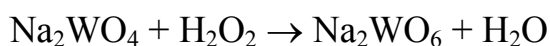
1. Як змінюються кислотні властивості гідроксидів в ряду $\text{Cr}^{+6} \rightarrow \text{Mo}^{+6} \rightarrow \text{W}^{+6}$?

2. Яким чином можна розчинити вольфрам?

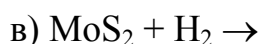
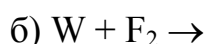
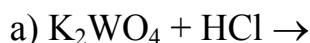
3. Складіть рівняння імовірних реакцій за наступною схемою:



4. Визначіть окисник та відновник, закінчіть рівняння ОВР:



5. Закінчіть рівняння реакцій:



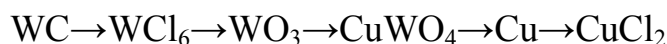
6. Молібден одержують металотермічним методом шляхом відновлення молібден (VI) оксиду металічним кальцієм. Яку масу молібдену можна отримати при відновленні концентрату масою 400 г, масова частка MoO_3 в якому складає 86 %? Яку масу технічного кальцію треба взяти для відновлення, якщо він містить 5 % кальцій оксиду?

Варіант 24

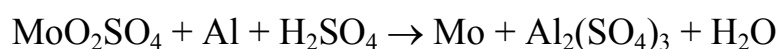
1. Які властивості: окисні чи відновні, притаманні сполукам Mo^{+2} ? Напишіть рівняння реакції взаємодії води з сполукою Mo^{+2} .

2. Наведіть хімічний склад «вольфрамових бронз». Які властивості дали підставу назвати ці сполуки бронзами? Опишіть їх структуру.

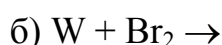
3. Складіть рівняння імовірних реакцій за наступною схемою:



4. Визначіть окисник та відновник, закінчіть рівняння ОВР:



5. Закінчіть рівняння реакцій:





6. У розчин натрій молібдату масою 200 г занурили шматочок цинку масою 3,65 г. Через деякий час маса цинку зменшилась до 1,68 г і надалі залишалася постійною. Визначте масову частку натрій молібдату у розчині.

Варіант 25

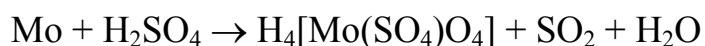
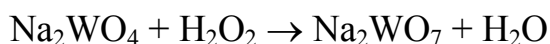
1. Які способи одержання та хімічні властивості натрій пероксомолібдату?

2. Поясніть причину стійкості вольфраму до діоксигену та води за стандартних умов.

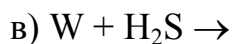
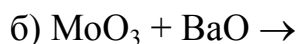
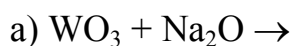
3. Складіть рівняння імовірних реакцій за наступною схемою:



4. Визначіть окисник та відновник, закінчіть рівняння ОВР:



5. Закінчіть рівняння реакцій:



6. Для одержання сполуки MoB масою 120 г сплавляли сполуки Mo_2V та MoV_2 . Які маси вихідних сполук були узяті?

Список літератури

1. Яворський В.Т. Основи теоретичної хімії. – Львів: Львівська політехніка, 2004. – 256 с.
2. Редкие и рассеянные элементы. Химия и технология. В 3-х книгах / Коровин С. С., Букин В. И., Федоров П. И., Резник А.М.; под ред. С. С. Коровина – М.: МИСИС, 2003. – (440 с)
3. Бусев А.И. Руководство по аналитической химии редких элементов / Бусел А.И., Типцова В.Г., Иванов В.М. – М.: Химия, 1978. – 432 с.
4. Химия и технология редких и рассеянных элементов. В 3-х частях / под ред. К. А. Большакова. – М.: ВШ, 1976 (368, 360, 320 с.).
5. Васильева З.Г. Лабораторные работы по общей и неорганической химии: учеб. пособие для вузов / Васильева З.Г., Грановская А.А., Таперова А.А. – Л.: Химия, 1986. – 288 с.
6. Петров С.В. Практикум по общей и неорганической химии: учеб. пособие для технол. спец. вузов / Петров С.В., Коротченко Н.А., Юрченко Г.К. – М.: Высш. шк., 1986. – 296 с.
7. Коровин Н.В. Лабораторные работы по химии. / Коровин Н.В., Мишулина Э.И., Рыжова Н.Г. – М.: Высш. шк., 1986. – 230 с.
8. Свойства элементов: Справочное изд. / под ред. М. Е. Дрица – М.: Металлургия, 1985. – 672 с.

Додаток 1
Термодинамічні константи деяких речовин

Назва речовини	$\Delta H_{f,298}^0$, кДж/моль	$\Delta G_{f,298}^0$, кДж/моль	S_{298}^0 , Дж/(моль·К)
C(графіт,к)	0	0	5,74
CO(г)	-110,52	-137,14	197,54
Cl ₂ (г)	0	0	222,9
H ₂ (г)	0	0	130,52
H ₂ O(г)	-241,82	-228,61	188,72
Mo(к)	0	0	28,6
MoO ₂ (к)	-589,1	-533,2	46,28
MoO ₃ (к)	-745,2	-668,1	77,74
O ₂ (г)	0	0	205,04
WC(к)	-41,0	-39,5	35
WO ₃ (к)	-842,7	-763,9	75,94
WCl ₆	-951,2	—	—

Примітка: позначення в дужках: К – кристалічний, Г – газоподібний

Додаток 2
Добуток розчинності (ДР) малорозчинних речовин

Речовина	Добуток розчинності
BaMoO ₄	$4,0 \cdot 10^{-8}$
PbMoO ₄	$4,0 \cdot 10^{-6}$
CaMoO ₄	$1,5 \cdot 10^{-8}$
PbWO ₄	$4,5 \cdot 10^{-7}$

Додаток 3

Періодична система елементів Д.І. Менделєєва

Г Р У П П И																					
I			II		III		IV		V		VI		VII		VIII						
1	H	I	2	Li	3	Be	4	B	5	C	6	N	7	O	8	F	9	Ne	2	назва елемента	порядковий номер
	Гідроген	1.01	2.2																		

Навчальне видання

Методичні вказівки до організації лабораторних, практичних занять

та самостійної роботи за темою

“ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ d^4 – ЕЛЕМЕНТІВ”

для студентів спеціальності „Хімічна технологія рідкісних розсіяних елементів”

денної та заочної форм навчання

Укладачі

САХНЕНКО Микола Дмитрович

ШТЕФАН Вікторія Володимирівна

ЯРОШОК Тамара Петрівна

ВЕДЬ Марина Віталіївна

Відповідальний за випуск

Б.І. Байрачний

Роботу до видання рекомендував

Я.М. Пітак

В авторській редакції

План 2008 р., п. 48/

Підписано до друку08. Формат 60 x 84 1/16. Папір друк. №2.

Друк – ризографія. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 1,5. Обл.-вид. арк. 1,7.

Наклад 100 прим. Зам.№

Ціна договірна

Видавничий центр НТУ "ХП", 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 116 від 10.07.2000 р.

Друкарня НТУ "ХП", 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21